

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 32 28 680 A 1

⑤ Int. Cl. 3:  
F 02 D 15/00  
F 02 D 13/00

⑳ Aktenzeichen: P 32 28 680.5  
㉑ Anmeldetag: 31. 7. 82  
㉒ Offenlegungstag: 2. 2. 84

㉓ Anmelder:  
Schwenk, Herwart, 7312 Kirchheim, DE

㉔ Erfinder:  
gleich Anmelder

Patentamt  
Kirchheim

⑤ Verfahren zur inneren Verbrennung eines Stoffgemisches in einem Kolben-Verbrennungsmotor und  
Verbrennungsmotor zum Durchführen des Verfahrens

DE 32 28 680 A 1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur inneren Verbrennung eines Stoffgemisches in einem Kolben-Verbrennungsmotor, bei dem im Zuge einer den Brennraum vergrößernden Füllbewegung des Kolbens ein Unterdruck im Brennraum erzeugt wird, dieser mit mindestens einem gasförmigen Bestandteil des Stoffgemisches gefüllt wird, das Stoffgemisch bei einer dieser Bewegung entgegengesetzten Bewegung des Kolbens im Brennraum komprimiert, gezündet und für die Arbeitsleistung des Kolbens expandiert wird und bei welchem Verfahren die Füllmenge des gasförmigen Bestandteils und/oder die Menge eines vorzugsweise als Energieträger für das Stoffgemisch vorgesehenen flüssigen oder gasförmigen zweiten Bestandteils desselben in Abhängigkeit von der Motorleistung gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um die Füllmenge des gasförmigen ersten Bestandteils des Stoffgemisches unabhängig von der Leistungssteuerung wesentlich herabzusetzen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Maßnahmen getroffen werden, durch die bei der Füllbewegung des Kolbens ein zusätzlicher Unterdruck erzeugt wird, der sich im wesentlichen nur auf den Brennraum beschränkt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein die Füllung herabsetzender zusätzlicher Unterdruck durch Schließen eines Absperrorgans erzeugt wird, das im Bereich der Einlaßöffnung angeordnet ist, durch die der gasförmige erste Bestandteil in den Brennraum eintritt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Motor mit Steuerorganen zur arbeitstaktmäßig folgenden Steuerung des Gaswechsels das der Einlaßöffnung zugeordnete Steuerorgan als Absperrorgan zum Erzeugen des

zusätzlichen Unterdrucks benutzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Motor mit einem steuerbaren Einlaßventil dieses für das Erzeugen des zusätzlichen Unterdrucks während eines beträchtlichen Teils der Füllbewegung des Kolbens in der die Einlaßöffnung verschließenden Schließstellung gehalten wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Hubkolbenmotor das Einlaßventil für den Füllhub bereits weit vor Erreichen des dem Ende des Füllhubes zugeordneten unteren Kolben-Totpunkts geschlossen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Hubkolbenmotor das Einlaßventil erst weit nach dem dem Beginn des Füllhubes zugeordneten oberen Totpunkt des Kolbens geöffnet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Einlaßventil bei einem Drehwinkel der Kurbelwelle von weniger als  $n \cdot 10^\circ$  nach dem dem Beginn des Füllhubes des Kolbens zugeordneten oberen Totpunkt geschlossen wird, wobei  $n$  eine der ganzen Zahlen von eins bis siebzehn bedeutet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Einlaßventil bei einem Drehwinkel der Kurbelwelle von weniger als  $120^\circ$  nach dem oberen Totpunkt, vorzugsweise von weniger als  $90^\circ$  nach dem oberen Totpunkt, geschlossen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Unterdruck durch eine in der Gasführung nahe vor der Einlaßöffnung des Brennraums angeordnete Drosseleinrichtung erzeugt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine steuerbare Drosseleinrichtung verwendet und deren Drosselwirkung vorzugsweise drehzahlabhängig gesteuert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Hubkolbenmotor, bei dem Luft als gasförmiger erster Bestandteil des Stoffgemisches im Brennraum komprimiert wird, als zusätzliche Maßnahme zum Herabsetzen der Füllmenge ein Teil der Luft während der komprimierenden Bewegung des Kolbens aus dem Brennraum abgeblasen wird.

10 13. Kolbenverbrennungsmotor zum Durchführen des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 mit einer für die Steuerung der Motorleistung vorgesehenen Einrichtung zum Beeinflussen der Füllmenge des gasförmigen ersten Bestandteils des Stoffgemisches, der bei der Füllbewegung  
15 des Kolbens dem Brennraum zuführbar ist, gekennzeichnet durch eine die Füllmenge unabhängig von der Leistungssteuerung wesentlich herabsetzende Begrenzereinrichtung.

14. Motor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß als Begrenzereinrichtung eine bei der Füllbewegung des Kolbens (15) einen zusätzlichen Unterdruck im Brennraum (21) erzeugende Einrichtung vorgesehen ist.

15. Motor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzereinrichtung ein im Bereich der Einlaßöffnung des Brennraums (21) angeordnetes, steuerbares Absperrorgan  
25 aufweist, das während eines wesentlichen Teils der Füllbewegung des Kolbens (15) in die Schließstellung überführbar ist.

16. Motor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Motor mit einem der Steuerung des Gaswechsels dienenden, mittels einer Ventilsteuerung betätigbaren Einlaß-

ventil (19) dieses als Absperrorgan zum Erzeugen des zusätzlichen Unterdrucks vorgesehen und durch die Ventilsteuerung während eines wesentlichen Teils der Füllbewegung des Kolbens (15) in die Schließstellung steuerbar ist.

5 17. Motor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzereinrichtung eine Drosseleinrichtung (43, 45) aufweist, die in dem der Zufuhr des gasförmigen ersten Bestandteils dienenden Saugrohr, der Einlaßöffnung eng benachbart, angeordnet ist.

10 18. Motor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine steuerbare Drosseleinrichtung in Form eines Drosselventils (45), eines Drehschiebers oder einer Drosselklappe vorgesehen ist.

15 19. Motor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Motor mit einem für die Steuerung des Gaswechsels dienenden, durch eine Ventilsteuerung betätigbaren Einlaßventil (19) dieses als Drosseleinrichtung vorgesehen und durch die Ventilsteuerung mit nur geringem, vorzugsweise drehzahlabhängig veränderbarem Öffnungshub betätigbar ist.

20 20. Motor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Motor, bei dem Luft als gasförmiger erster Bestandteil des Stoffgemisches im Brennraum (21) komprimiert wird, eine das Abblasen von Luft aus dem Brennraum (21) während der komprimierenden Bewegung des Kolbens (15) ermöglichende Begrenzereinrichtung vorgesehen ist.

21. Motor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Motor mit einem zur Steuerung des Gaswechsels dienenden, mittels einer Ventilsteuerung betätigbaren Auslaßventil (20) dieses als Begrenzereinrichtung zum Abblasen komprimierter Luft vorgesehen und durch die Ventilsteuerung während eines Teils der komprimierenden Bewegung des Kolbens (15) in die Offenstellung überführbar ist.

22. Motor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Zweitakt-Hubkolbenmotor ein arbeitstaktmäßig steuerbares Abblasventil (53) vorhanden ist, über das Luft während des komprimierenden Hubs des Kolbens (15) ausblasbar 5 ist.

23. Motor nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Abblasventil (53) in den Brennraum (21) mit einer vom Kolben (15) überfahrbaren Schlitzöffnung (55) mündet, die so angeordnet ist, daß sie vom Kolben (15) im Zuge des kom- 10 primierenden Hubes vor Erreichen des oberen Kolben-Totpunktes (OT) verschlossen ist.

- . -

6  
Reg.-Nr. 126 561

Herwart SCHWENK  
Lindachallee 9, 7312 Kirchheim/Teck

Verfahren zur inneren Verbrennung  
eines Stoffgemisches in einem  
Kolben-Verbrennungsmotor und  
Verbrennungsmotor zum Durchführen  
des Verfahrens

0220000  
Dr.-Ing. Wolff +  
H. Bartels  
~~Dipl.-Chem. Dr. Brandes~~  
Dr.-Ing. Held  
~~Dipl.-Ing. Wolf~~

ZUGELASSENE VERTRETER E  
EUROPÄISCHEN PATENTAMT  
REPRESENTATIVES BEFORE T  
EUROPEAN PATENT OFFICE  
MANDATAIRES PRES L'OFFIC  
EUROPEEN DES BREVETS

Lange Str. 51, D-7000 Stuttgart  
Tel. (0711) 29 6310 u. 29 7295  
Telex 07 22312 (patwo d)  
Telegrammadresse:  
tlx 07 22312 wolff stuttgart  
PA Dr. Brandes: Sitz Münchener  
TECHN. BEISTAND/OF COUN  
Dipl.-Chem. Dr. Brandes

27. Juli 1982  
487375 kws

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur inneren Verbrennung eines Stoffgemisches in einem Kolben-Verbrennungsmotor, bei dem im Zuge der den Brennraum vergrößernden Füllbewegung des Kolbens ein Unterdruck im Brennraum erzeugt  
5 und dieser mit mindestens einem gasförmigen Bestandteil des Stoffgemisches gefüllt wird, das Stoffgemisch bei einer dieser Bewegung entgegengesetzten Bewegung des Kolbens im Brennraum komprimiert, gezündet und für die Arbeitsleistung des Kolbens expandiert wird und bei welchem Verfahren die Füllmenge des  
10 gasförmigen Bestandteils und/oder die Menge eines vorzugsweise als Energieträger für das Stoffgemisch vorgesehenen flüssigen oder gasförmigen zweiten Bestandteils desselben in Abhängigkeit von der Motorleistung gesteuert wird. Außerdem betrifft die Erfindung einen Verbrennungsmotor zum  
15 Durchführen eines solchen Verfahrens.

In Anbetracht der weltweiten Anwendung derartiger Verfahren für den Betrieb von Verbrennungsmotoren ist bekanntlich das Erzielen eines möglichst hohen Wirkungsgrades, d.h. eine möglichst gute Ausnutzung des als Energieträger

vorgesehenen Kraftstoffs, von überragender wirtschaftlicher Bedeutung, zumal die Ressourcen an geeigneten Energieträgern begrenzt sind. Es ist daher üblich, Verbrennungsmotoren sowohl so auszulegen und zu betreiben, daß die äußere Motor-  
5 Verlustleistung, d.h. der Aufwand für Reibung, Betrieb von Hilfsmaschinen usw., möglichst gering bleibt als auch für einen möglichst hohen thermischen Wirkungsgrad beim Verbrennungsverfahren zu sorgen. Eine Verbesserung des thermischen Wirkungsgrads versucht man beispielsweise durch Verwendung  
10 thermisch höher belastbarer Bauteile zu erreichen, die einen sicheren Betrieb des Motors bei geringerer Abfuhr von Wärmeenergie über das Kühlsystem ermöglichen sollen. Ferner ist es bekannt, den thermischen Wirkungsgrad durch Vergrößern des Verdichtungsverhältnisses zu erhöhen. Ein besserer  
15 Wirkungsgrad ergibt sich dabei u.a. deshalb, weil bei größerem Verdichtungsverhältnis die Teilchen des Stoffgemischs bei der komprimierenden Bewegung des Kolbens enger zusammengedrückt und heißer werden, so daß es zu einer besseren Vermischung zwischen dem ersten gasförmigen Bestandteil und dem  
20 als Energieträger vorgesehenen zweiten Bestandteil kommt, dies insbesondere, wenn es sich um einen flüssigen Energieträger handelt, dessen Kraftstoff-Tröpfchen dabei weitergehend vergast werden, wodurch die Verbrennung rascher und vollkommener verläuft. Außerdem hat der bei größerem Verdichtungsverhältnis  
25 relativ kleinere Verdichtungsraum eine kleinere kühlende Oberfläche, so daß der Wärmeverlust über die Motorwände an das Kühlsystem entsprechend geringer ist.

Den bekannten, den thermischen Wirkungsgrad erhöhenden Maßnahmen sind jedoch verhältnismäßig enge Grenzen gesetzt.  
30 Wird versucht, möglichst wenig Wärme über das Kühlsystem abzuführen, so leidet, auch wenn thermisch hoch belastbare Bauteile verwendet werden, die Standfestigkeit des Motors im Betrieb. Die Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses hat ebenfalls Grenzen. Beispielsweise ist das Verdichtungsver-  
35 hältnis eines Otto-Motors nach oben begrenzt durch die Forderung nach "klopffreiem Lauf". Bei einem Diesel-Motor er-



gibt sich eine entsprechende Begrenzung durch die Forderung nach nicht zu hoher Beanspruchung der Triebwerksteile, leichter und billiger Bauart des Motors und nicht zu rauhem Lauf.

- 5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verbrennungsverfahren der in Rede stehenden Art anzugeben, bei dessen Anwendung eine über das bei den üblichen Verfahren Erreichbare weit hinausgehende zusätzliche Verbesserung des Wirkungsgrades erreichbar ist.
- 10 Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um die Füllmenge des gasförmigen ersten Bestandteils des Stoffgemisches unabhängig von der Leistungssteuerung wesentlich herabzusetzen. Diesem Verfahren  
15 ren liegt der allgemeine Gedanke zugrunde, das Verbrennungsverfahren so zu gestalten, daß das verbrennende Stoffgemisch innerhalb des Brennraums weit vollständiger expandiert werden kann, als dies bei den üblichen Verfahren möglich ist. Dadurch, daß erfindungsgemäß mit äußerst geringer Füllung  
20 arbeitet wird, steht innerhalb des Brennraums im Verhältnis zur Füllmenge, d.h. zum Volumen der Füllung, ein größeres Expansionsvolumen (das dem Hubraumvolumen entspricht) zur Verfügung, d.h., es ist die Möglichkeit geschaffen, daß das verbrennende Stoffgemisch während der Arbeitsabgabe stärker  
25 expandieren kann. Das Herabsetzen der Füllmenge, d.h. das Vergrößern des Expansions- oder Hubraumvolumens gegenüber dem Füllmengen volumen, bewirkt aufgrund der besser ausgenutzten Expansion eine vollständigere Energieumsetzung innerhalb des Systems. Der Energieinhalt des stärker entspannten und  
30 daher kühleren Abgases ist geringer als bei den üblichen Verfahren. Es ergibt sich nicht nur eine geringere Verlustwärmeabfuhr aufgrund der verringerten Abgastemperatur, sondern es ist auch durch den Kolben eine geringere Arbeit für das Ausstoßen des Abgases aufzuwenden, da wegen der vollständi-  
35 geren Entspannung ein geringerer Gas-Gegendruck oder Abgas-

Restdruck vorhanden ist, der beim Ausstoßen überwunden werden muß. Außerdem ist das Auspuffgeräusch aufgrund der dem Ausstoßen vorausgehenden, starken Expansion der Gase wesentlich vermindert.

- 5 Die zusätzlichen Maßnahmen, um die gewünschte Füllmenge unabhängig von der Leistungssteuerung herabzusetzen, können darin bestehen, daß bei der den Brennraum vergrößernden Füllbewegung des Kolbens ein zusätzlicher Unterdruck erzeugt wird, der sich im wesentlichen nur auf den Brennraum be-
- 10 schränkt. Es werden dabei also Maßnahmen getroffen, die den Zustrom des gasförmigen Bestandteils zum Brennraum behindern, wobei diese Maßnahmen, um den zusätzlichen Unterdruck nur auf den Brennraum zu beschränken, unmittelbar im Bereich der Einlaßöffnung desselben zur Anwendung gebracht werden. Dem-
- 15 entsprechend handelt es sich um Maßnahmen, die sich von den üblicherweise zur Leistungssteuerung vorgesehenen, die Füllmenge beispielsweise durch Drosselwirkung beeinflussenden Maßnahmen, etwa Drosselklappen von Vergasern oder Einspritzanlagen, die an den Gaswegen in einem größeren Abstand von
- 20 der Einlaßöffnung des Brennraums angeordnet sind, unterscheiden. Beim erfindungsgemäßen Verfahren kann ein die Füllmenge herabsetzender, zusätzlicher Unterdruck im Brennraum durch Schließen eines Absperrorgans erzeugt werden, das im Bereich der Einlaßöffnung angeordnet ist. Bei einem Motor mit Steuer-
- 25 organen zur arbeitstaktmäßig erfolgenden Steuerung des Gaswechsels, insbesondere einem Viertakt-Motor, kann dabei das der Einlaßöffnung zugeordnete Einlaßventil als Absperrorgan zum Erzeugen des zusätzlichen Unterdrucks benutzt werden, indem das Einlaßventil so gesteuert wird, daß es während
- 30 eines beträchtlichen Teils der den Brennraum vergrößernden Füllbewegung des Kolbens geschlossen gehalten wird.

Anstelle eines im Bereich der Einlaßöffnung vorgesehenen Absperrorgans, beispielsweise eines Einlaßventils, kann der

Unterdruck auch durch eine in der Gasführung nahe vor der Einlaßöffnung des Brennraums angeordnete Drosseleinrichtung erzeugt werden. Dabei kann eine steuerbare Drosseleinrichtung verwendet werden, deren Drosselwirkung beispielsweise drehzahlabhängig gesteuert wird. Die Verwendung eines Absperrorgans, beispielsweise eines Einlaßventils, zum Erzeugen des zusätzlichen, die Füllmenge bei der Füllbewegung des Kolbens begrenzenden Unterdrucks hat jedoch gegenüber einer Einlaßdrossel den Vorteil, daß die bei der den Brennraum vergrößernden Bewegung des Kolbens von diesem gegen den erzeugten Unterdruck zu leistende Arbeit bei der anschließenden komprimierenden Bewegung des Kolbens im wesentlichen wiedergewonnen wird, weil bei geschlossenem Absperrorgan der Unterdruck im Brennraum bei der komprimierenden Bewegung des Kolbens so lange treibend wirkt, bis dieser zuvor aufgebaute Unterdruck im Zuge der komprimierenden Kolbenbewegung wieder abgebaut ist.

Anstatt einen zusätzlichen Unterdruck im Brennraum bei der füllenden Bewegung des Kolbens zu erzeugen, kann zum Herabsetzen der Füllmenge so vorgegangen werden, daß ein Teil des gasförmigen ersten Bestandteiles, z.B. Luft, während der komprimierenden Bewegung des Kolbens aus dem Brennraum abgeblasen wird. Bei nach dem Viertakt-Prinzip arbeitenden Otto-Einspritzmotoren oder Diesel-Motoren kann das Abblasen der Luft über das Auslaßventil erfolgen, das während der komprimierenden Bewegung des Kolbens für einen geeigneten Zeitraum geöffnet und sodann wieder geschlossen wird, bevor der Kraftstoff eingespritzt wird. Bei Zweitakt-Einspritzmotoren kann ein zusätzliches Abblasventil zu diesem Zweck Verwendung finden.

Als wesentlich ist zu bemerken, daß die beim erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehenen Maßnahmen zur Füllmengenbegrenzung zusammen mit den bisher üblichen Maßnahmen zur Verbesserung des Wirkungsgrads anwendbar sind. So kann bei-

- 5 spielsweise zusätzlich eine Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades durch Verwendung thermisch höher belastbarer Bauteile erreicht werden. Auch ist das Prinzip der Wirkungsgradverbesserung durch möglichst hohe Verdichtung ohne weiteres verwirklicht, indem die Größe des Verdichtungsraums relativ zum Hubraumvolumen so gewählt wird,  
10 daß sich bei der erfindungsgemäß vorgesehenen, herabgesetzten Füllung der gewünschte Verdichtungsenddruck ergibt. Es ist ersichtlich, daß die beim erfindungsgemäßen Verfahren herabgesetzte Brennraumfüllung an sich eine Leistungsverringerung des Verbrennungsmotors bedeutet. Wegen des  
15 stark erhöhten Wirkungsgrades des Verfahrens wirkt sich diese Leistungseinbuße jedoch nicht besonders kraß aus und kann ohne weiteres durch Hubraumvergrößerung ausgeglichen werden.
- 20 Ein zum Durchführen des Verfahrens geeigneter Kolbenverbrennungsmotor mit einer für die Steuerung der Motorleistung vorgesehenen Einrichtung zum Beeinflussen der Füllmenge des gasförmigen ersten Bestandteils des Stoffgemisches, der bei der Füllbewegung des Kolbens dem Brennraum zuführbar ist, ist erfindungsgemäß durch eine die Füllmenge unabhängig von der Leistungssteuerung wesentlich herabsetzende Begrenzereinrichtung gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen im einzelnen erläutert.

Es zeigen:

- 5                    Fig. 1 und 2 Diagramme des Arbeits-  
                     spiels eines Viertakt-Verbrennungs-  
                     verfahrens gemäß dem Stande der Technik  
                     bzw. gemäß einem Ausführungsbeispiel  
                     des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- 10                   Fig. 3 einen im Bereich des Einlaßventils ver-  
                     laufenden, stark schematisch vereinfacht  
                     gezeichneten Vertikalschnitt eines Vier-  
                     takt-Ottomotors für die Anwendung des er-  
                     findungsgemäßen Verfahrens;
- 15                   Fig. 4 einen der Fig. 3 ähnlichen Schnitt eines  
                     Viertakt-Ottomotors zur Durchführung  
                     eines abgewandelten Ausführungsbeispiels  
                     des Verfahrens und
- 20                   Fig. 5 einen stark schematisch vereinfacht ge-  
                     zeichneten Vertikalschnitt eines Zwei-  
                     takt-Ottomotors für Benzineinspritzung,  
                     der für die Durchführung eines Ausführ-  
                     ungsbeispiels des erfindungsgemäßen Ver-  
                     fahrens vorgesehen ist.
- 25 Die Fig. 1 und 2 zeigen eine Kurbelwelle 11 eines Vier-  
                     takt-Verbrennungsmotors, deren Kurbel 6 durch eine Pleuel-  
                     stange 7 mit dem Kolben 15 eines Zylinders 8 verbunden ist  
                     und während des Betriebes des Motors in Richtung eines  
                     Pfeiles 13 umläuft. Der Zylinder 8 weist ein Einlaßventil  
30 19 und ein Auslaßventil 20 auf, die von den nicht darge-  
                     stellten Nocken einer zur Ventilsteuerung vorgesehenen,

ebenfalls nicht dargestellten Nockenwelle, die während des Betriebes umläuft, gegen die Kraft von in Fig. 1 und 2 nicht dargestellten Ventilsfedern geöffnet werden.

Die Winkelstellungen der Kurbel 6 sind auf einer Spirallinie 17 angegeben. Hierbei sind die von der Kurbel während des etwa zweimaligen Umlaufs in Richtung des Pfeils 13 nacheinander eingenommenen Stellungen wie folgt angegeben:

- EÖ Öffnen des Einlaßventils 19
- 10 OT oberer Totpunkt des Kolbens 15
- UT unterer Totpunkt des Kolbens 15
- ES Schließen des Einlaßventils 19
- ZZ Zündung des komprimierten Gasgemisches  
im Zylinder 8
- 15 AÖ Öffnen des Auslaßventils 20
- AS Schließen des Auslaßventils 20.

Das Arbeitsspiel beginnt bei der mit EÖ bezeichneten Kurbelstellung mit dem Öffnen des Einlaßventils 19. Bei geschlossenem Auslaßventil 20 wird bei der nun folgenden Drehbewegung der Kurbelwelle 11 in Richtung des Pfeils 13, wenn sich der Kolben 15 nach Überlaufen des oberen Kolben-Totpunkts OT nach abwärts bewegt, eine Gasmenge über das geöffnete Einlaßventil 19 zum Brennraum 21 zugeführt. Bei dem in Fig. 1 dargestellten üblichen Verfahren bleibt das Einlaßventil 19 geöffnet, bis die Drehstellung ES der Kurbel 6 von  $35^{\circ}$  bis  $45^{\circ}$  nach dem unteren Totpunkt UT erreicht ist. Bei nunmehr geschlossenem Einlaßventil 19 und Auslaßventil 20 wird durch die Bewegung des Kolbens 15 der Inhalt des Brennraums komprimiert und kurz vor Erreichen des oberen Totpunkts bei der Zündstellung ZZ gezündet. Während des nun anschließenden Arbeitshubs, in dessen Zuge sich der Kolben 15 vom oberen Totpunkt OT gegen den unteren Totpunkt UT hin bewegt, sind beide Ventile 19 und 20 geschlossen, bis

das Auslaßventil 20 etwa  $45^{\circ}$  vor Erreichen des unteren Totpunkts UT bei der Stellung AÖ öffnet. Das Auslaßventil 20 bleibt für das anschließend erfolgende Ausstoßen des abgebrannten Inhalts des Brennraums 21 nunmehr geöffnet, bis der Kolben 15 wieder den oberen Totpunkt OT überschritten hat und die Kurbelstellung AS erreicht ist. Die beim üblichen Verfahren angewandten Steuerzeiten der Ventile 19 und 20, wie sie in Fig. 1 eingezeichnet sind, sind beispielsweise aus "Lueger", Lexikon der Technik, 4. Aufl., Bd. 7, Seite 517, zu entnehmen. Fig. 1 zeigt den Kolben 15 während der Füllbewegung, wobei die Kurbel 6 eine Drehstellung von etwa  $120^{\circ}$  nach OT hat. Wie mit einer gestrichelten Linie 23 angedeutet ist, liegt diese Stellung etwa in der Mitte zwischen der Öffnungsstellung EÖ und der Schließstellung ES des Einlaßventils 19, so daß der Füllvorgang bei der weiteren Bewegung des Kolbens 15 bis zum unteren Totpunkt UT fortgesetzt wird und es zu der beim bekannten Verfahren erstrebten, möglichst guten Füllung des Brennraums 21 kommt.

Von dem herkömmlichen Verfahren unterscheidet sich das erfindungsgemäße Verfahren, wie bereits erwähnt, dadurch, daß mit verringerter Füllung des Brennraums 21 gearbeitet wird. Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die Herabsetzung der Füllmenge dadurch erreicht wird, daß das Einlaßventil 19, das für den Füllvorgang bei dem dargestellten Beispiel bei der gleichen Kurbelstellung EÖ wie beim herkömmlichen Verfahren geöffnet wird, wesentlich früher geschlossen wird als beim herkömmlichen Verfahren. Der mit ES bezeichnete Schließpunkt liegt, wie aus Fig. 2 zu entnehmen ist, etwa  $60^{\circ}$  nach dem oberen Totpunkt OT. Bei der in Fig. 2 gezeigten Drehstellung der Kurbel 6 ist der Schließpunkt ES, wie durch die gestrichelte Linie 23 verdeutlicht wird, bereits überschritten, d.h., das Einlaßventil 19 ist bereits geschlossen, so daß bei der weiteren, gegen den unteren Totpunkt UT hin gerichteten Bewegung des Kolbens 15 im Brennraum 21 keine Vergrößerung der Füllmenge, sondern lediglich ein zusätzlicher Unterdruck erzeugt wird. Dieser Unterdruck zieht nach Überschreiten des unteren Totpunkts UT den Kolben 15 nach aufwärts, d.h., die zum Erzeugen des zusätzlichen Unterdrucks vom Kolben 15 aufgewendete Arbeit wird, von den Verlusten abgesehen, beim Beginn des komprimierenden Hubs wiedergewonnen. Der komprimierende Hub des Kolbens 15 beginnt also zunächst mit dem Abbau des zuvor herrschenden zusätzlichen Unterdrucks und anschließendem Aufbau des Verdichtungsdrucks. Das Volumen des Verdichtungsraums des Brennraums 21 ist im Verhältnis zum Hubraumvolumen so gewählt, daß, obwohl der komprimierende Hub mit Unterdruck begonnen wird, bei Erreichen des oberen Totpunkts OT der gewünschte Verdichtungsenddruck erreicht ist. Wie beim herkömmlichen Verfahren erfolgt kurz vor Erreichen des oberen Totpunkts OT die Zündung am mit ZZ bezeichneten Zündpunkt. Bei der anschließenden Verbrennung kommt es, da eine im Verhältnis zum Hubraumvolumen wesentlich herabgesetzte Füllmenge verbrannt wird, zu einer weit



schon innerhalb des Brennraums 21  
stärkeren Expansion und damit zu einer weit verbesserten  
Energieausnutzung gegenüber dem bekannten Verfahren. Da das  
stärker entspannte Abgas nach der Verbrennung beim erfin-  
dungsgemäßen Verfahren leichter ausgestoßen werden kann,  
5 kann für das Auslaßventil der Öffnungspunkt AÖ in bestimmten Fällen beim  
erfindungsgemäßen Verfahren näher beim unteren Totpunkt UT liegen als bei  
dem bekannten Verfahren. Die für den jeweiligen Anwendungsfall bestgeeig-  
neten Ventilsteuerzeiten lassen sich beim erfindungsgemäßen Ver-  
fahren, ebenso wie bei den üblichen Verfahren, durch Versuche,  
10 wie sie zur Motorenoptimierung üblicherweise durchgeführt  
werden, genau ermitteln.

Anstatt den zusätzlichen Unterdruck am Ende des Füllhubs  
zu erzeugen, wie es in Fig. 2 dargestellt ist, wo das Ein-  
laßventil im Bereich des oberen Totpunktes OT geöffnet und  
15 bereits lange vor Erreichen des unteren Totpunktes UT ge-  
schlossen wird, könnte der zusätzliche Unterdruck durch ver-  
spätetes Öffnen des Einlaßventils 19 erzeugt werden. Es könn-  
te auch jeder beliebige Abschnitt zwischen oberem Totpunkt  
OT und unterem Totpunkt UT als gegenüber dem Stand der Tech-  
20 nik verkürzter Öffnungsbereich des Einlaßventils 19 vorge-  
sehen sein, wenn Versuche ergeben, daß ein bestimmter, zwischen  
den Punkten OT und UT liegender Bereich für einen betreffen-  
den Motor besonders vorteilhaft ist.

Fig. 3 zeigt einen Viertakt-Ottomotor, bei dem das Stoff  
25 gemisch im Brennraum 21 mittels einer Zündkerze 31 für die  
Verbrennung gezündet wird. Von der Ventilsteuerung ist ledig-  
lich ein dem Einlaßventil 19 zugeordneter Einlaßnocken 33  
dargestellt, der auf einer in üblicher Weise mit der halben  
Drehzahl der Kurbelwelle 11 umlaufenden Nockenwelle ange-  
30 ordnet ist. Bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel wird die  
verringerte Füllung des Brennraums 21, wie bei dem Beispiel  
von Fig. 2, durch während des Füllhubes nur kurzzeitig er-  
folgendes Öffnen des Einlaßventils 19 erzeugt. Zu diesem

Zweck ist der Nocken 33 mit einem verhältnismäßig spitzen Nockenprofil 35 versehen, das bei der mit dem Pfeil 13 angegebenen Drehrichtung der Kurbelwelle 11 und der mit einem Pfeil 37 angegebenen Drehrichtung des Nockens 33  
5 das Ventilende 39 bei der eingezeichneten Drehstellung der Kurbel 6 von 90° nach OT bereits freigegeben hat, so daß das Einlaßventil 19 durch die Wirkung seiner Ventilverfeder 41 bei dieser Stellung bereits wieder geschlossen ist. Bei dem weiteren Füllhub des Kolbens 15 wird im Brennraum  
10 21 in erstrebter Weise also der zusätzliche Unterdruck erzeugt.

Fig. 3 zeigt mit strichpunktierter Linie als alternative Maßnahme, die im Brennraum 21 während der Füllbewegung des Kolbens 15 den zusätzlichen Unterdruck erzeugt, eine an der  
15 Einlaßöffnung vorgesehene Verengung 43, die als Drosseleinrichtung beim Füllhub des Kolbens 15 einen füllungsmindernden Unterdruck erzeugt, auch wenn das Einlaßventil 19 geöffnet ist. Bei diesem mit strichpunktierter Linie angedeuteten, abgewandelten Ausführungsbeispiel kann daher auch mit den in  
20 Fig. 1 dargestellten üblichen Steuerzeiten gearbeitet der zusätzliche Unterdruck also ausschließlich durch die Drosselwirkung der Verengung 43 erzeugt werden. Anstelle des mit 35 bezeichneten spitzen Profils des Nockens 33 kann dementsprechend zur Steuerung des Einlaßventils 19 ein normaler  
25 Nocken mit üblichem Profil Verwendung finden.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel, das dem in Fig. 3 mit gestrichelter Linie angedeuteten Ausführungsbeispiel prinzipiell entspricht. Der die Füllmenge herabsetzende zusätzliche Unterdruck im Brennraum 21 wird also nicht durch Wahl  
30 der entsprechenden Ventilsteuerzeiten des Einlaßventils 19 erreicht, sondern durch eine zusätzliche Drosseleinrichtung in Form eines Drosselventils 45, das im Bereich der Einlaßöffnung des Brennraums 21 angeordnet ist, so daß sich der beim Füllhub erzeugte zusätzliche Unterdruck im wesentlichen

auf den Bereich des Brennraums 21 beschränkt. Durch Verschieben des Drosselventils 45 in Richtung seines Ventilschafts ist die Öffnungsgröße verstellbar, d.h. die Drosselwirkung steuerbar. Die Größe des zusätzlichen Unterdrucks, 5 und damit die Füllmengenbegrenzung, läßt sich somit auf den gewünschten Wert einstellen, gegebenenfalls drehzahlabhängig optimieren. Bei allen Ausführungsbeispielen, bei denen der zusätzliche Unterdruck nicht durch Wahl der Steuerzeiten des Einlaßventils 19, sondern durch eine Drosseleinrichtung an 10 der Einlaßöffnung vorgenommen wird, kann anstelle des spitzen Nockens 33 von Fig. 3 ein normaler Einlaßnocken 47 mit üblichem Nockenprofil verwendet werden.

Das in Fig. 4 als Tellerventil dargestellte Drosselventil 45 könnte durch einen Drehschieber oder ein ähnliches 15 steuerbares Absperrorgan ersetzt sein. Alternativ könnte als Drosseleinrichtung auch das Einlaßventil 19 selbst vorgesehen sein, indem ein Einlaßnocken verwendet wird, der nur einen eine begrenzte Einlaßöffnung freigebenden, sehr geringen Ventilhub erzeugt, was eine entsprechende Drosselwirkung 20 zur Folge hat.

Bei Verbrennungsmotoren, bei denen reine Luft beim komprimierenden Hub verdichtet und der als Energieträger dienende Kraftstoff in die verdichtete Luft eingespritzt wird, also bei Zweitakt- oder Viertakt-Ottomotoren mit direkter Benzineinspritzung in den 25 Brennraum sowie bei Zweitakt- und Viertakt-Dieselmotoren, kann als Maßnahme zur Begrenzung der Füllmenge während des komprimierenden Hubs des Kolbens ein Teil der Luft aus dem Brennraum 21 abgeblasen werden. Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Zweitakt-Ottomotors für direkte Benzineinspritzung in den 30 Brennraum 21 mittels einer Einspritzdüse 51. Dabei ist als Abblasventil ein Drehschieber 53 vorgesehen, dessen Drehstellung arbeitstaktmäßig von der Kurbelwelle 11 steuerbar ist. Der Drehschieber 53 mündet mit einem Ablassschlitz 55

in den Brennraum 21 an einer Stelle, die oberhalb der Mündung des Überströmkanals 57 (Einlaßschlitze und Auslaßschlitze sind in Fig. 5 nicht dargestellt) gelegen ist. Während eines Teils des komprimierenden Hubs des Kolbens 15 ist der Schlitz 55 vom Kolben 15 freigegeben, so daß bei geöffnetem Drehschieber 53 Luft abgeblasen wird. Vor Annäherung des Kolbens 15 an den oberen Totpunkt wird der Schlitz 55 vom Kolben geschlossen, so daß die restliche Luft im Brennraum 21 während des verbleibenden Teils der Kolbenbewegung verdichtet wird. In die verdichtete Luft wird dann durch die Düse 51 Kraftstoff eingespritzt und durch die Zündkerze 31 gezündet. Da das Schließen des Ablassschlitzes 55 durch den Kolben selbst gesteuert ist, braucht auf die Einstellung des Schließzeitpunkts für den Drehschieber 53 selbst 15 nicht besonderes Augenmerk gerichtet zu werden.

Bei kraftstofffreie Luft verdichtenden Motoren mit einem gesteuerten Auslaßventil, also bei Viertakt-Otto-Einspritzmotoren oder Viertakt-Dieselmotoren, kann das Auslaßventil selbst als Abblasventil vorgesehen sein, das während eines 20 Teils des komprimierenden Hubs geöffnet wird. Bei solchen Ausführungsbeispielen ist der Auslaßnocken der Ventilsteuerung mit einem zweiten Profil, das eine dem Profil 35 des Einlaßnockens 33 von Fig. 3 ähnlich spitze Gestalt besitzt, versehen, um das Auslaßventil während des komprimierenden Hubs 25 verhältnismäßig kurzzeitig zu öffnen, damit gerade so viel Luft abgeblasen wird, daß die gewünschte Verringerung der Füllmenge erreicht wird. Im übrigen können die gleichen Steuerzeiten wie bei den üblichen Verfahren angewendet werden, also beispielsweise die in Fig. 1 gezeigten Steuerzeiten, wo 30 bei lediglich während des komprimierenden Hubs zwischen dem unteren Kolben-Totpunkt UT und dem oberen Totpunkt OT das Auslaßventil 20 zusätzlich geöffnet und wieder geschlossen wird.

-20-  
Leerseite

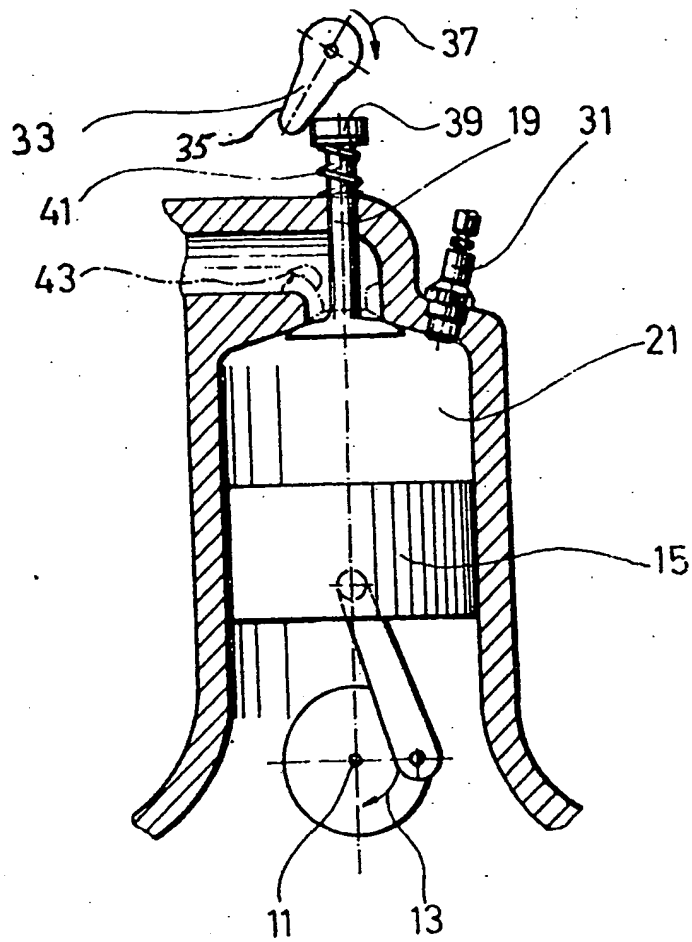


Fig. 3

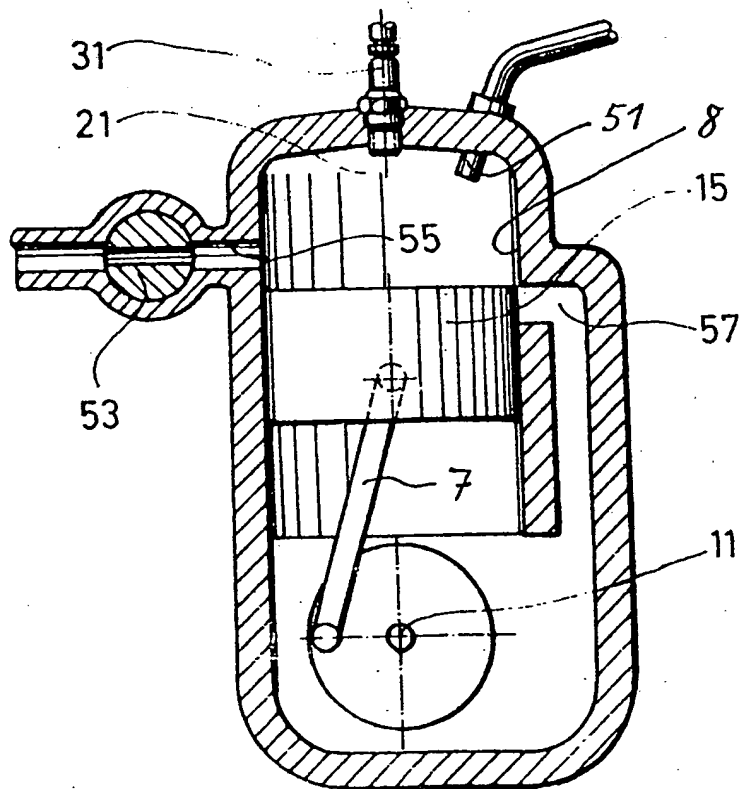
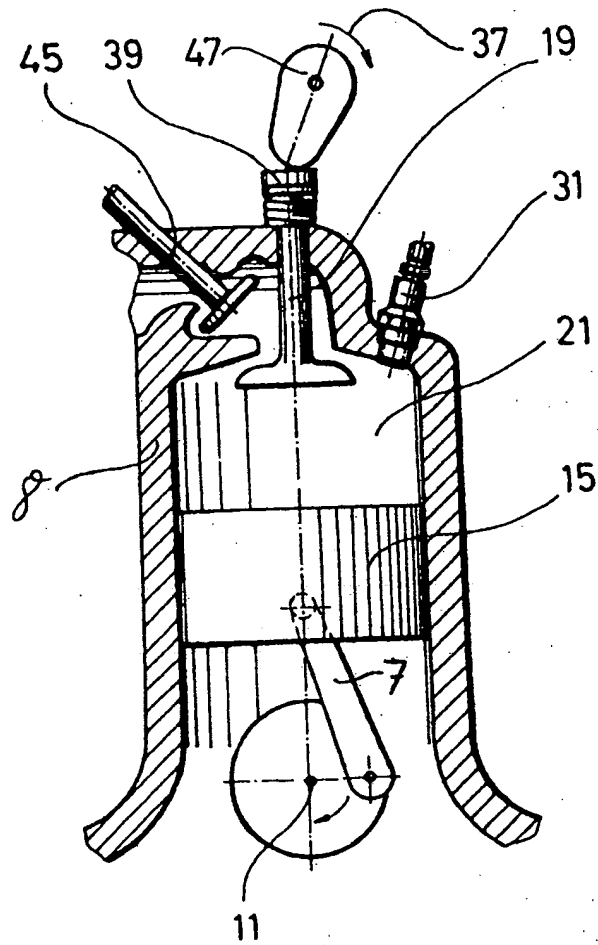


Fig. 5

H. Schwenk.....

Fig.4



H. Schwenk.....

3228680

Fig.1

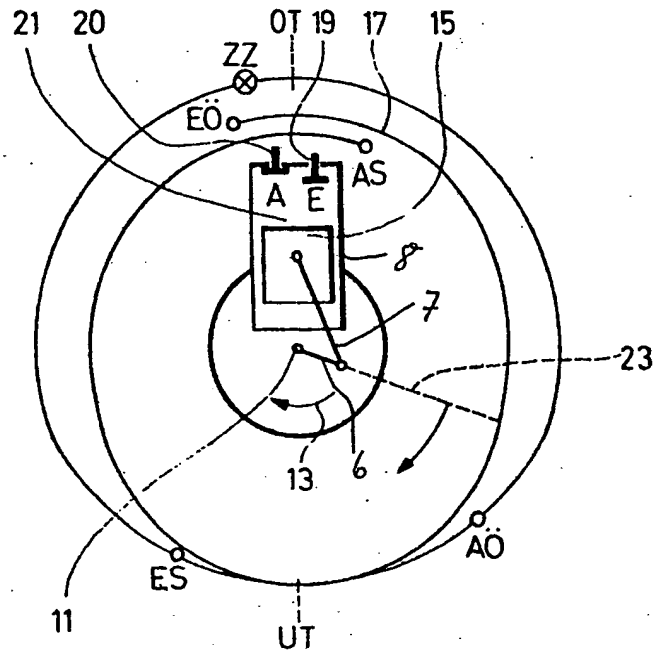
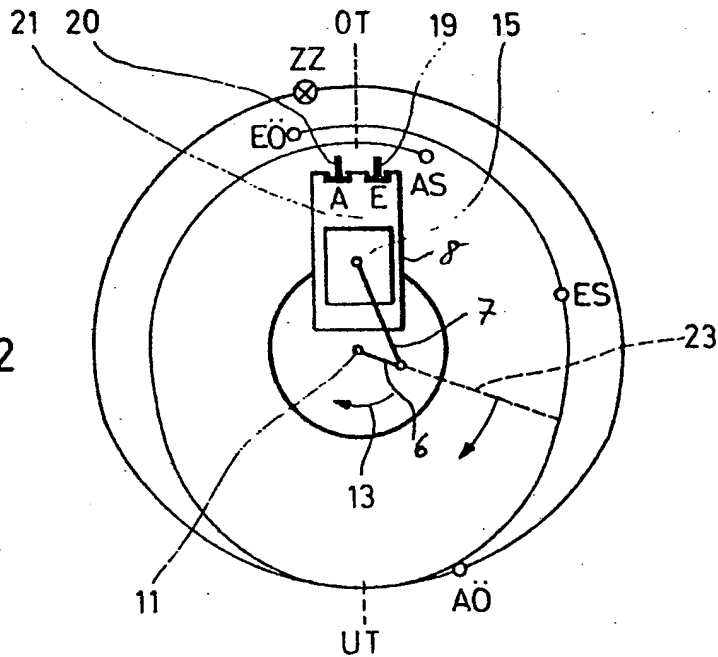


Fig.2



H. Schwenk.....

Reg-Nr. 126 56